



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 62 553 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 05 B 19/04

⑳ Aktenzeichen: 100 62 553.3
㉔ Anmeldetag: 15. 12. 2000
④③ Offenlegungstag: 20. 6. 2002

DE 100 62 553 A 1

⑦① Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Fasolt, Johannes, Dipl.-Inform., 70176 Stuttgart, DE;
Hofmann, Peter, Dr., 71120 Grafenau, DE;
Wohlgemuth, Florian, Dipl.-Inform., 70176 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ System zur Steuerung eines Prozesses
- ⑤⑦ Ein System zur Steuerung oder Regelung eines Prozesses, wobei das System eine Software mit einzelnen Modulen jeweils zur Durchführung von Teilprozessen aufweist, zwischen den Modulen Schnittstellen vorgesehen sind, über die Daten ausgetauscht werden, und wobei ein Zeiterfassungsmittel zur Überwachung der Zeitdauer der Teilprozesse vorgesehen ist. Als Zeiterfassungsmittel ist einer Prozedur oder Funktion eine Variable zugeordnet, in der die zeitliche Dauer der Verarbeitung darstellbar ist und ein Zeitbegrenzungsmittel vergleicht den Wert der Variablen mit einer zu der Prozedur oder Funktion definierten Bedingung, in der die Zeitanforderungen für den Teilprozess auf einem Modul festgehalten sind.

BEST AVAILABLE COPY

DE 100 62 553 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zur Steuerung oder Regelung eines Prozesses, wobei das System eine Software mit einzelnen Modulen jeweils zur Durchführung von Teilprozessen aufweist, zwischen den Modulen Schnittstellen vorgesehen sind, über die Daten ausgetauscht werden, und wobei ein Zeiterfassungsmittel zur Überwachung der Zeitdauer der Teilprozesse vorgesehen ist.

[0002] Heute werden Systeme zur Steuerung und/oder Regelung von Prozessen in technischen Produkten meist durch Software gesteuert, die auf speziellen Mikrorechnern oder Steuergeräten lauffähig sind. Derartige Software-Systeme sind meist in einzelne Module untergliedert, die unterschiedliche Aufgaben durchführen. Bei derartigen verteilten Software-Systemen werden einzelne Rechenoperationen mittels eines ersten Moduls ausgeführt und die Ergebnisdaten dann an ein weiteres Modul übergeben, wo diese Ergebnisdaten dann weiterverarbeitet werden. Die einzelnen Module können auch in unterschiedlichen Mikrorechnern und/oder Steuergeräten implementiert sein, so dass hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs bei der Berechnung keine Aussagen getroffen werden können, da insbesondere auch die Rechen-
dauer der einzelnen Teilprozesse nicht bekannt ist. Zeitanforderungen und Zeitverläufe gehen dadurch verloren und können im weiteren Prozessverlauf nicht verfolgt werden. Infolgedessen ist es oft schwer eine Aussage darüber zu treffen, ob eine Software in Echtzeitsystemen den zeitlichen Anforderungen gerecht wird und welche Module zu langsam in der Verarbeitung sind.

[0003] Insbesondere bei Echtzeiterfordernissen ist dabei sicherzustellen, dass die Software die Gesamtberechnungen auch in der erforderlichen Zeit durchführt. In K. H. Kim, COMPSAC 1994, IEEE Computer Society's Int'l Computer Software & Applications Conference in Taipei, Seiten 392-402, Nov. 1994 wird ein separates Zeitbeschreibungsmittel in ein generisches Objektmodell eingeführt, wobei die Wiederverwendbarkeit derartiger Zeitbeschreibungsmittel nicht berücksichtigt werden. Dabei ist die Software für ein verteiltes Computersystem objektorientiert programmiert und es sind abstrakte Datentypen vorgesehen. Für jede Ausführung eines Verfahrens ist eine zeitliche Grenze (Deadline) vorgegeben. Für einige Verfahren nach einem bestimmten Objekt dient ein Uhrentakt zum zeitlichen Abgleich des Verfahrens entsprechend den Echtzeitbedingungen. Nach dem Ablauf einer vorgegebenen Zeitdauer werden bestimmte Daten beispielsweise ungültig. Üblicherweise werden bei der Definition der Variablen die Zeitbedingungen bestimmt, für die die Variable gültige Werte annehmen kann und/oder aktiv in einem Prozess eingebunden sein kann.

[0004] In Eiffel: The Language, Bertrand Meyer, Prentice Hall, 1992 ist zur Sicherung von Softwareeigenschaften bei der Programmiersprache Eiffel vorgesehen, bei einer Datenübergabe von einem Modul zum anderen an das Datenformat Vor- und/oder Nachbedingungen zu vergeben. Allerdings können zeitliche Anforderungen in Eiffel nicht abgelegt werden.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass die Einhaltung von Zeitabhängigkeiten und Zeitanforderungen bei der Ausführung einer Software überprüfbar ist. Insbesondere soll das System zum Einsatz bei Echtzeitanforderungen geeignet sein.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale nach Anspruch 1 gelöst. Danach ist einer Prozedur oder Funktion als Zeiterfassungsmittel eine Variable zugeordnet, in der die zeitliche Dauer der Verarbeitung dar-

stellbar ist, und ein Zeitbegrenzungsmittel vergleicht den Wert der Variable mit einer zu der Prozedur oder Funktion definierten Bedingung, in der die Zeitanforderungen für den Teilprozess auf einem Modul festgehalten ist.

[0007] Zeitanforderungen, wie maximale Laufzeiten, werden erfindungsgemäß in Nachbedingungen von Prozeduren oder Funktionen abgelegt, während Periodizitäten, bspw. eine Aufruffrequenz, als deren Vorbedingung abgelegt sind. Alternativ dazu kann auch die Periodizität als Nachbedingung und die Zeitanforderungen als Vorbedingungen festgelegt werden, oder beide werden entweder als Vor- oder Nachbedingung festgelegt. Durch diese Definition für Funktionen und Prozeduren wird jeder Schnittstelle die Zeitanforderung zugeordnet, so dass für jede Programmausführung die Zeitdauer bei Ausführung vorab schon feststeht.

[0008] Eine Variable ist zur Speicherung der Zeitwerte vorgesehen, bspw. werden Zeiten von Funktionsabläufen oder Prozedurzeiten aufsummiert und mit der Nachbedingung, bspw. eine maximale Laufzeit der aufgerufenen Funktionen, Prozeduren oder Methoden verglichen. Wenn eine Funktion zur Ausführung aufgerufen wird, werden zunächst die zeitlichen Vorbedingungen für die Funktion gelesen und in die variable wird ein Zeitwert geladen. Während dem Funktionsablauf wird die Variable dann entsprechend einem Zeittakt einer Uhr inkrementiert.

[0009] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist das System eine Software auf, die objektorientiert programmiert ist und auf einzelne Module verteilt ist. Beim Einsatz in objektorientierten Sprachen weisen Klassenhierarchien, in denen Zeitverträge genutzt werden, einen entsprechenden Aufbau mit Zeitvariablen auf. Weiterhin können die Zeitanforderungen graphisch beschrieben werden. Dazu kann die Entwicklungsbeschreibungssprache UML (Unified Modeling Language) entsprechend angepasst werden. Die Zeitanforderungen können auch graphisch dargestellt werden. Dazu werden die MSC (Message Sequence Charts) der UML angepasst.

[0010] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird bei objektorientierter Programmierung der Software jeder Funktion oder Prozedur eine Variable zugewiesen, die die Zeitdauer bei der Abarbeitung mitführt. Bei der Übergabe an die nächste Funktion bzw. Prozedur über die Schnittstelle zwischen den Modulen wird der zuletzt gespeicherte Zeitwert an die nächste Funktion bzw. Prozedur als Startwert übergeben. Nach abgeschlossener Ausführung des Gesamtprozesses ist in der Variable die Zeit der Gesamtbearbeitung festgehalten. Alternativ dazu kann bei Aufruf der folgenden Funktion die Zeitdauer von einer konstanten Startzeit, bspw. Null Sekunden, an hochgezählt werden, so dass die Laufzeit der Funktion oder Prozedur separat festgehalten wird. Andererseits kann vom Zeitwert am Ende einer Funktion deren Startwert abgezogen werden, wodurch sich ebenfalls die Laufzeit ergibt.

[0011] Zeitanforderungen können dadurch präzise im Zusammenhang mit einer Funktion oder Prozedur abgelegt werden und sind eng mit der Software verbunden. Folglich können Zeitanforderungen von Systemen, die in anderen Unternehmen erstellt oder programmiert werden, exakt definiert werden. Dadurch können auch vertragliche Garantien über bestimmte Programmlaufzeiten überprüft und vergeben werden. Andererseits ist es auch möglich, wenn eine Funktion oder Prozedur nach einer vorgegebenen Laufzeit kein Ergebnis übermittelt hat, die Verarbeitung zu unterbrechen und mit einer Fehlerbehandlung fortzufahren.

[0012] Es gibt nun verschiedenen Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die untergeordneten Ansprüche und andererseits auf die

BEST AVAILABLE COPY

nachfolgende Erläuterung einer Ausführungsform zu verweisen.

[0013] Das technische System weist eine Software auf, die im Quellcode üblicherweise aufgeteilt in mehrere Module strukturiert ist. Zwischen den Modulen sind Schnittstellen vorhanden, über die vordefinierte Datenformate ein- oder ausgegeben werden oder von einem Modul an das andere übergeben werden. Jedes Modul weist eine oder mehrere Funktionen bzw. Prozeduren auf, die bestimmte Aufgaben, bspw. Berechnungen durchführen.

[0014] Das technische System ist ein sogenanntes Echtzeitsystem, d. h. die Software läuft in einem fahrzeugtauglichen Steuergerät und ist dort als sogenanntes embedded System umgesetzt. Die Ergebnisdaten des Systems müssen rechtzeitig vor Ablauf einer bestimmten Zeit zur Verfügung stehen. Beim Kraftfahrzeug kann ein derartiges System den Zündzeitpunkt für die Zündkerzen verändern, der berechnete Zeitpunkt muss also rechtzeitig vor der Zündung zur Verfügung stehen.

[0015] Wenn nun einzelne Module für ein Steuergerät bei unterschiedlichen Firmen programmiert werden, ist es erforderlich, dass später das Gesamtsystem den Echtzeitbedingungen gerecht wird. Erfindungsgemäß wird jeder Prozedur eine maximale Laufzeit vorgegeben, und diese hat dann jeder Programmierer eines einzelnen Moduls zu berücksichtigen.

[0016] Bei der objektorientierten Programmierung sind dann im Quellcode der Software wie übliche die Klassen und Objekte definiert. Erfindungsgemäß wird nun zusätzlich zum Datentyp der Funktion eine Vorbedingung und/oder eine Nachbedingung definiert. Außerdem weist das System eine Zeitvariable oder ein Feld von Zeitvariablen auf, in der der aktuelle Uhrentakt oder eine Uhrzeit mitgeführt wird, während eine Funktion oder Prozedur ausgeführt wird. Durch eine Vorbedingung, die an die Funktion/Prozedur übergeben wird, können dann bestimmte Zeittakte oder Frequenzen für die Uhr oder Anfangs- bzw. Abbruchzeiten an die Variable übergeben werden. Als Nachbedingung einer Funktion/Prozedur kann dann eine zeitliche Wertung, Zeitanforderung oder andere Übergabebedingung geprüft oder auf einem anderen Modul an die nächste Funktion/Prozedur als Eingangsdatum mit übergeben werden.

[0017] Als Vorbedingungen der Funktionen, Prozeduren oder auch für die Ausgabeprozedur an die Schnittstellen sind bevorzugt Daten über Periodizitäten bei der Abarbeitung, wie Aufruffrequenzen, abgelegt. Als Nachbedingungen sind bevorzugt Zeitanforderungen für den Ablauf der betreffenden Funktion, Prozedur oder bei Schnittstellen die Zeitanforderungen an den Teilprozess abgelegt.

[0018] Durch die erfindungsgemäße Struktur des Systems kann die Laufzeit einer Bearbeitung an jeder Schnittstelle durch Abfrage einer Variablen einfach überprüft oder abgefragt werden. Dadurch können zeitlichen Anforderungen leicht abgefragt, überprüft und eingehalten werden. Auf diese Weise können aufgrund der zeitlichen Werte in der Variablen auch Abbruchbedingungen überprüft werden und Fehlerbehandlungen aufgerufen werden, wenn eine Funktion/Prozedur nach der vorgegebenen maximalen Laufzeit nicht den erforderlichen Ergebniswert zurückgeliefert. Durch die vorliegende Erfindung lassen sich Echtzeitsystem aufteilen und verschiedene Module können an unterschiedlichen Orten programmiert werden, indem dabei die zeitlichen Anforderungen eingehalten werden.

[0019] Aber auch während des Ablaufs der Software im Steuergerät kann durch die Mitführung der Laufzeit, überprüft werden, welche Funktion/Prozedur die Zeitanforderungen nicht einhält. Das System der vorliegenden Erfindung ermöglicht daher bei Echtzeitsystemen die Überprüfung,

welche Komponenten die Zeitanforderungen nicht einhalten.

Patentansprüche

1. System zur Steuerung oder Regelung eines Prozesses, wobei das System eine Software mit einzelnen Modulen jeweils zur Durchführung von Teilprozessen aufweist, zwischen den Modulen Schnittstellen vorgesehen sind, über die Daten ausgetauscht werden, und wobei ein Zeiterfassungsmittel zur Überwachung der Zeitdauer der Teilprozesse vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Zeiterfassungsmittel einer Prozedur oder Funktion eine Variable zugeordnet ist, in der die zeitliche Dauer der Verarbeitung darstellbar ist und ein Zeitbegrenzungsmittel den Wert der Variable mit einer zu der Prozedur oder Funktion definierten Bedingung vergleicht, in der die Zeitanforderungen für den Teilprozess auf einem Modul festgehalten ist.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Variable bei der Definition der Datentypen bei Objekten, Klassen, Prozeduren oder Funktionen festlegbar ist.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitwert der Variable von einer vorhergehenden Prozedur/Funktion an eine darauf folgende Prozedur/Funktion übergebar ist.
4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Vorbedingung einer Prozedur/Funktion eine Periodizität festlegbar ist.
5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Nachbedingung für eine Prozedur/Funktion eine Zeitanforderung, wie eine maximale Laufzeit, festlegbar ist.
6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das System eine Schnittstelle aufweist, über die an das System vorbestimmte Periodizitäten und Zeitanforderungen vor Programmablauf übertragbar sind, um die zeitlichen Randbedingungen für den Prozess festzulegen.
7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitwerte der Variablen bei einem embedded System an Schnittstellen zur Verfügung steht und während des Programmablaufs abfragbar ist.
8. System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das System bei Echtzeitbedingungen zur Steuerung eines Prozesses einsetzbar ist.

BEST AVAILABLE COPY

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

Process control system e.g. for motor vehicle control device, compares value of variable with condition defined for procedure or function

Patent number: DE10062553
Publication date: 2002-06-20
Inventor: FASOLT JOHANNES [DE]; HOFMANN PETER [DE];
WOHLGEMUTH FLORIAN [DE]
Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG [DE]
Classification:
- **international:** G05B19/04
- **european:** G05B19/042
Application number: DE20001062553 20001215
Priority number(s): DE20001062553 20001215

Abstract of DE10062553

The system comprises software with connected modules for performing sub-processes. A procedure or function is provided with a variable as a means of time acquisition. The duration of a processing is represented in the variable. A time limiting device compares the value of the variable with a condition defined for the procedure or function, the time requests for the sub-process being kept in one module.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY